

Essi Luhtaniemi

**LAADUNVALVONTA RIKASTUSHIEKKA-ALTAAN YLÄVIR-  
TAANKOROTUS-TYÖMAALLA**

# **LAADUNVALVONTA RIKASTUSHIEKKA-ALTAAN YLÄVIR- TAANKOROTUS-TYÖMAALLA**

Essi Luhtaniemi  
Opinnäytetyö  
Syksy 2016  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennusinsinööri, Yhdyskuntatekniikka

---

Tekijä: Essi Luhtaniemi

Opinnäytetyön nimi: Laadunvalvonta rikastushiekka-altaan ylävirtaankorotus-työmaalla

Työn ohjaaja: Jarmo Erho

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syyslukukausi 2016      Sivumäärä: 43 + 3 liitettä

---

Kittilän kultakaivoksen allasalueella päätettiin tehdä kahdelle rikastushiekka-altaalle niin kutsuttu ylävirtaankorotus. Opinnäytetyössä keskityttiin ylävirtaankorotus-työmaan laadunvalvontaan.

Laadunvalvonta hoidettiin tarkkailemalla työtapatarkkailuna sekä dokumentoimalla valokuvin työmaan eri vaiheita. Laadunvalvonnasta tuli laatia myös laadunvalvonta päiväkirja sekä viikkoraportti, joka toimitettiin tilaajan projektinjohdolle.

Tilaajan laadunvalvoja totesi, että työnkuvan laajuus sekä muuttuvat suunnitelmat ja vallitsevat olosuhteet haastavat työntekijöitä korotustyömaalla päivittäin. Tällä rakennustyömaalla toimiminen vaatii tiimityöskentelyä, johtuen allasalueen laajuudesta sekä useasta eri työskentelypisteestä. Tämä pätee myös laadunvalvontaan. Ilman valppaina olevia kaivinkone- ja kiviautokuljettajia olisi laadunvalvojan työskentely huomattavasti työläämpää.

Laadunvalvonnasta kerättiin kesän loppuksi suunnittelijan ohjeiden mukaan laatukansio, jonka sisältöön voidaan palata tarpeen vaatiessa tulevaisuudessa. Laatukansio arkistoidaan ylävirtaankorotus-padon eliniän ajaksi kaivoksen tiloihin.

---

Asiasanat: kultakaivos, laadunvarmistus, ylävirtaankorotus, louherakenteinen vyöhykepato, louhepengeri

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää Kittilän kultakaivoksen ympäristöpuolen ympäristörakentamisen päällikköä Mikko Hurua ja projekti-insinööriä Joonas Karvoa, Geokymppi Ky:n konsulttia Jorma Nousiaista sekä kaikkia Kantmark Oy:n maarakennusalan ammattilaisia tuesta suorittaessani laadunvalvontatöitä NP 3 - ja CIL 2 -altaiden ylävirtaankorotus korkoon +240 -työmailla.

Haluan myös erityisesti kiittää kaivosyhtiöllä työskennellyttä projekti-insinööriä Markku Arffmannia työmahdollisuuksistani Kittilän kultakaivoksen allasalueella vuosina 2015 ja 2016.

Essi Luhtaniemi

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO	9
2 LAADUNVARMISTUS MAARAKENNUSTYÖMAALLA	10
2.1 Viranomaisten edellyttämä laadunvarmistus	11
2.2 Tilaajan oman työn laadunvarmistus	12
2.3 Tilaajan urakoitsijalta edellyttämä laadunvarmistus	13
2.4 Laatusuunnitelma eli koko työmaan laadunvalvonta	13
3 AGNICO EAGLE KITTILÄ MINE	17
3.1 Kaivoksen historiaa	17
3.2 Kaivosalue	18
3.3 Malmin etsintä	19
3.4 Geologia	19
3.5 Maanlainen kaivos ja louhinta	19
3.6 Rikastamo	20
3.7 Prosessivesien käsittely	21
4 LAADUNVALVONTA KITTILÄN KULTAKAIVOKSEN RIKASTUSHIEKKA- ALTAAN YLÄVIRTAANKOROTUS-TYÖMAALLA	23
4.1 Ylävirtaankorotus-tekniikka	23
4.2 Ylävirtaankorotus-penkereen laadunvalvonta	24
4.2.1 Valmistelevat työt	25
4.2.2 Louhepengeri	26
4.2.3 Päälyllyskerrokset	31
4.3 Pumppaamopenkereen laadunvalvonta	31
4.3.1 Louhepengeri	35
4.3.2 Päälyllyskerrokset	37
4.4 Laadun alittuessa	37
5 YLÄVIRTAANKOROTUS-TYÖMAAN RAPORTOINTI	39
5.1 Kokouskäytäntö	39
5.2 Laadunvalvonnan työmaapäiväkirja	40
5.3 Laadunvalvonnan viikkoraportti	41
5.4 Laatukansio	41

5.5 Riippumattoman laadunvalvojan loppuraportti	42
6 LOPPUSANAT	43

## SANASTO

Bitumigeomembraani (BGM)	Bitumigeomembraania käytetään altaiden tiivisrakenteiden viimeistelyssä pohjalla ja luiskissa. Bitumigeomembraani koostuu pitkäkuituisesta polyesteri-kuitukankaasta (kyllästetty ja päällystetty bitumilla), lasikuitutekstiilistä(kyllästetty bitumilla), bitumista, hiekkapinnasta ja juuriesteestä.
CIL 2 -allas	Rikastushiekka-allas Kittilän kultakaivoksella. CIL 2 -altaan rikastushiekka muodostuu kullanerotusprosessin jälkeen ja voi sisältää pieniä määriä haitallisia aineita, kuten syanidia tai arseenia.
Laadunvarmistus	Kattaa kaikki toimenpiteet, jotka takaavat, että valmis rakenne täyttää laatuvaatimukset.
Laadunvalvonta	Laadunvalvonta on yhteisnimitys eri laadunvarmistustoimenpiteille.
Laaduntarkastus	Kattaa kaikki mittaukset sekä tarkastukset laadunvarmistukseen liittyen.
NP 3 -allas	Rikastushiekka-allas Kittilän kultakaivoksella. NP 3 -altaan rikastushiekka tulee prosessista ennen autoklaavia eli siinä ei ole haitallisia jäämiä.
Paaluväli	Mittalinja, johon suunnitelman perustuu. Yksikkönä on metri. Aloituspaaluna on yleisesti 0, josta edetään esimerkiksi 10, 20, 50 tai 100 metrin välein.

Riippumaton laadunvalvoja	Riippumattoman laadunvalvoja rakennusprojektille osoittaa ELY-keskus ja hänen tehtäviin kuuluu asiantunteva laadunvalvonta projektin jokaisessa vaiheessa. Riippumaton laadunvalvoja laatii viikoittaiset raportit sekä työn päätyttyä loppuraportin ja ne toimitetaan niin tilaajalle kuin ELY-keskukselle.
Telasullonta	Telasullonta tarkoittaa tela-alustaisella kairavinkoneella penkereen tiivistämistä ajamalla edestakaisin.
Ylävirtaankorotus	Ylävirtaankorotus-penger sijaitsee jo olemassa olevan louhepenkereen sisäpuolella rikastushiekan päällä.



# 1 JOHDANTO

Työssä keskitytään ensin maarakennustyömaalla tapahtuvaan laadunvalvontaan niin viranomaisen, rakennuttajan/tilaajan kuin urakoitsijankin näkökulmasta. Laadunvarmistus ja -valvonta ovat monivivahteisia prosesseja, joihin liittyy eri tahoja riippuen projektin vaikeustasosta sekä laajuudesta.

Kittilän kultakaivoksen toimintaa sivutaan lyhyesti, jotta saadaan käsitys kaivoksen allasalueen toiminnasta. Allasalue kaivoksilla on tuntemattomampi yksityishenkilöille, kun yleisesti huomio kiinnitetään rikastamoon sekä maan alaiseen kaivokseen. Kuitenkin rikastushiekka-, prosessivesi- ja vesivarastoaltaan tärkeyttä ei voida liikaa korostaa. Ilman altaita rikastamo ja maan alainen kaivos eivät toimisi hetkeäkään. Täten altaiden korottaminen onkin hyvä vaihtoehto saada lisää tilavuutta rikastushiekalle, joka täyttää altaat.

Ylävirtaankorotus rikastushiekka-altaalle on tehty vain muutaman kerran aiemmin Suomessa, joten tarkkoja ohjeistuksia-laadunvalvonnalle ei ollut. Yhdessä projektinjohdon kanssa tilaajan laadunvalvoja suunnittelee muun muassa mahdollisia dokumentointikeinoja tuleville työvaiheille. Opinnäytetyön tavoitteena onkin selvittää, miten laadunvalvontaa rikastushiekka-altaan ylävirtaankorotustyömaalla suoritetaan sekä minkälaista raportointia ja dokumentaatiota tilaajan laadunvalvojalta vaaditaan.

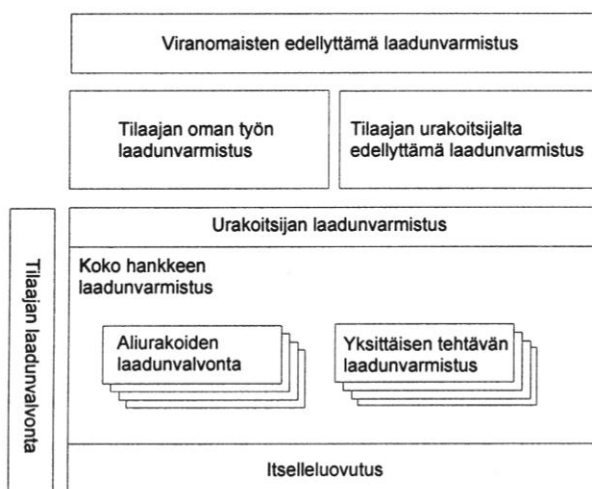
On huomioitavaa, että työmaa on kaksivuotinen ja sitä jatketaan keväällä 2017. Tässä opinnäytetyössä kuitenkin käsitellään vain kesän 2016 aikana tapahtuvaa laadunvalvontaa tilaajan laadunvalvojan näkökulmasta.

## 2 LAADUNVARMISTUS MAARAKENNUSTYÖMAALLA

Rakennustyömaan on täytettävä kaikki sille asetetut tavoitteet ja laatuvaatimukset. Laadunvarmistus sisältää siis kaikki toimenpiteet, jotka tuovat varmuuden vaatimusten täyttymiseksi. Laadunvarmistus ei voi nojata ainoastaan tarkkailuun, sillä silloin poikkeamat olisivat arkipäivää. Laatuvaatimukset on ensin selvitettävä, tiedon on kuljettava työntekijöille sekä muille osapuolille ja tämän jälkeen voidaan suorittaa laadunvarmistamista. (1, s. 445.)

Tavoitteellisuutensa takia laadunvarmistuksessa pyritään aina vain parempaan ja toimivampaan työmaahan. Ideaalitalanteessa vastuut ja velvollisuudet ovat selkeät jokaiselle työmaalla työskentelevälle työntekijälle. Myöskin laatuvaatimukset sekä muu informaatio kulkee selkeästi niin rakennuttajan, urakoitsijan kuin tilaajankin välillä. Näin epätasällisyyksistä, väärinymmärryksistä tai puuttuvista tiedoista johtuvat poikkeamat ja ongelmat saadaan poistettua. (1, s. 445.)

Laadunvarmistus jaetaan useampiin osatekijöihin (kuva 1). Suurissa rakennusurakoissa on useampi taho, joka valvoo urakan laatua. Laadunvarmistus lähtee aina viranomaisten vaatimuksista, joiden ympärille kehitetään tilaajan tavoitteiden mukaisia laatuvaatimuksia. Tilaaja vaatii myös urakoitsijoilta koko hankkeen laadunvarmistusta omista työsuorituksista ja aliurakoitsijoidensa työsuorituksista. Tilaaja valvoo urakoitsijoiden tekemää laadunvarmistusta ja tätä kutsutaan tilaajan laadunvalvonnaksi. (1, s. 445.)



KUVA 1. Työmaan laadunhallinnan osatekijöitä (1, s. 445)

## 2.1 Viranomaisten edellyttämä laadunvarmistus

Lait, asetukset ja rakentamismääräykset säätelevät viranomaisten asettamia laatutavoitteita. Maarakennustyömaa kuormittaa esimerkiksi ympäristöä ja tästä johtuen viranomaiset edellyttävät tilaajan ja urakoitsijan toimillaan noudattavan lakeja ja asetuksia, jotka suojelevat ympäristöä. (1, s. 446.)

Viranomaisen osuus rakennustyön valvonnassa alkaa luvanvaraisen rakennustyön aloittamisesta ja päättyy loppukatselmukseen. Kuitenkin on huomioitava, että vastuu työmaan ongelmatilanteista on aina tilaajalla, ellei toisin voida todistaa. (4, linkit Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta)

Kunnan rakennusvalvontaviranomaisen tehtävänä on yleisen edun kannalta valvoa rakennustoimintaa sekä osaltaan huolehtia, että rakentamisessa noudatetaan, mitä maarakennuslain pykälässä 124 tai sen nojalla säädetään tai määrätään. Jokaiselle maarakennustyömaalle nimetään siis riippumaton laadunvalvoja, joka vierailee paikan päällä yhdestä useampaan kertaan viikossa. Riippumattomalle laadunvalvojalle lähetetään kerran viikossa viikkoraportti, joka sisältää työmaalle tärkeät mittaukset, mahdolliset poikkeamat ja ongelmatilanteet sekä lyhyen sanallisen päivityksen työmaan tilanteesta. (4, linkit Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittelee minimimääräykset niin omistajalle, suunnittelijoille kuin urakoitsijoillekin. Tarkoituksena on luoda edellytykset kestäville elinympäristölle sekä edistää ekologisuuutta, taloudellisuutta ja kulttuurisesti kestäväää kehitystä. Laissa määritellään muun muassa rakennushankkeen rakenteiden lujuuden ja vakauden miniehdot sekä tässä tapauksessa myös esimerkiksi terveellisyyden, käyttöturvallisuuden ja hyvän rakennustavan miniehdot. Viranomaisen tehtävänä on siis valvoa näiden lakien ja asetusten toteutumista. Minimiehtoja voidaan tilaajan ja urakoitsijan sopimuksesta nostaa heidän mielestä tarvittavalle tasolle. (3, 1 Luku 1-16.)

InfraRYL laatuvaatimusjärjestelmän avulla viranomaiset ja urakassa työskentelevät henkilöt pääsevät yhteisymmärrykseen hankkeen laatuvaatimusten sisäl-

löstä. InfraRYL on siis infra-alan asiantuntijoiden laatima kuvaus infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista. Laatuvaatimusjärjestelmä sisältää kaksi osaa, jotka kattavat tekniset vaatimukset, jotka rakenteen tulee täyttää rakennushetkellä ja toimivuusvaatimukset, jotka koskevat rakenteen ja sen osien elinkaaren aikaisia vaatimuksia. InfraRYL:in avulla määritetäänkin useasti hyvän rakentamistavan asetukset. (2, InfraRYL Net.)

Maankäyttö- ja rakennuslain sekä InfraRYL:in lisäksi on olemassa Suomen rakentamismääräyskokoelma. Tämä jatkaa siitä mihin maankäyttö- ja rakennuslaki päättyi. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa muun muassa käsitellään hankkeen asianosaisten ammattitaitoisuudesta ja kelpoisuuksista työskennellä työtehtävissään esimerkiksi suunnittelijana tai työnjohtajana. Tähän on myös koottu toimintatapavelvoitteet. (4, linkit Ympäristöministeriön ohje rakentamisen työnjohtotehtävien vaativuusluokista ja rakentamisen työnjohtajien kelpoisuuksista.)

Näiden lakien ja asetusten avulla viranomaiset valvovat rakennushankkeita ja ohjaavat hankkeessa työskenteleviä mahdollisissa poikkeamatilanteissa. Kerrattakoon vielä, että kaikki yllämainitut lait, säännökset ja velvoitteet määrittävät vain viranomaisten vaatimat minimitasot. Tilaajalla on mahdollisuus määrittää rima tavoitteidensa mukaiselle tasolle.

## **2.2 Tilaajan oman työn laadunvarmistus**

Tilaajan oman työn laadunvalvontaan vaikuttaa ensisijaisesti viranomaisten vaatimukset. Nämä ovat tilaajalta vaadittavat minimivaatimukset, joita tilaaja voi urakasta sopiessa tiukentaa. Tilaaja laatii viranomaisten ja sovittujen laatuvaatimusten pohjalta urakalle hankekohtaisen laatusuunnitelman, joka pääasiassa palvelee rakennuttajan omaa toimintaa. Hankkeelle laaditaan myös laadunvalvontasuunnitelma, joka yhdessä laatusuunnitelman kanssa yleensä liitetään projektisuunnitelmaan. (1, s. 447.)

Tilaajalle on myös määritetty myötävaikutus- ja työmaavalvontavelvollisuudet. On määritetty, että tilaajan tulee omin laadunvarmistustoimenpitein varmistaa, että hänelle kuuluvat myötävaikutusvelvollisuudet täyttyvät. Myötävaikutusvel-

vollisuuksiksi luetaan muun muassa viranomaisten lupien hankkiminen ja kustannusten suorittaminen näiden toimenpiteiden osalta, suunnitelma-aikataulun laatiminen yhdessä urakoitsijan kanssa sekä sopimuksen edellyttämien suunnitelmien sekä muiden asiakirjojen toimittaminen sovitussa aikataulussa. Myötävaikutusvelvollisuus on tarkemmin määritelty YSE 1998 8§ ja 9§. (5, 8§, 9§, 59§-62§.)

Rakennustyötä valvovat tilaajan tähän tehtävään nimeämät valvojat, jotka tavallisesti ovat aina töitä tehdessä paikalla. Heillä myöskin on työvaiheesta ja –tekiästä riippumatta aina oikeus käydä rakennustyömaalla. Rakennusvalvojan nimeäminen tilaajan taholta ei vähennä tai rajoita urakoitsijan velvollisuutta ja vastuuta omaan laadunvalvontaan. (5, 59§-62§.)

### **2.3 Tilaajan urakoitsijalta edellyttämä laadunvarmistus**

Urakoitsijoiden laadunvarmistus voidaan jakaa kahteen eri osa-alueeseen: Koko työmaan laadunvalvontaan ja yksittäisen tehtävän laadunvalvontaan. On myös tärkeää muistaa, että yleiset sopimusehdot määrittävät urakoitsijoiden velvollisuuden esittää kirjallisena suunnitellun laadunvarmistuksensa. Tätä kutsutaan laatusuunnitelmaksi, jolla seurataan siis koko työmaan laadunvalvontaa. Tähän oleellisesti liittyy myös laaduntuottokyvynmittaus, eli mittaus, jolla arvioidaan työtuloksen ja toiminnan virheettömyys. (1, s. 449.)

### **2.4 Laatusuunnitelma eli koko työmaan laadunvalvonta**

Tilaaja, rakennuttaja ja urakoitsija sopivat ennen rakennushankkeen aloittamista laatuehdoista yleisellä tasolla kirjallisesti. Tätä kutsutaan siis laatusuunnitelmaksi. On tärkeää kuitenkin muistaa, että urakkaan sisältyvien yksittäisten työtehtävien laatuehdot täsmennetään työn kuluessa. (1, s. 449.)

Laatusuunnitelman tehtävänä on tehdä laatujohtamisesta käytännöllisempää, urakoitsijan omasta työstä tehokkaampaa ja asioiden hoidosta mahdollisimman

kitkatonta. Laatusuunnitelmaan sisältyy laadunvarmistussuunnitelma, johon kirjataan muun muassa hankkeen erityispiirteet, riskit, vastuuhenkilöt. Laadunvarmistussuunnitelman avulla varmistetaan sopimuksessa sovittujen asioiden, vaatimusten ja tavoitteiden täyttyminen. On myös tärkeää tehdä selväksi kaikkien rakennushankkeen osapuolten kanssa laatupuutteiden toteaminen ja dokumentoiminen niin, että se tyydyttää kaikkia hankkeen osapuolia aina viranomaisiin saakka. Laatusuunnitelman tarkoituksena lyhykäisyydessään on torjua virheet ja puutteet suunnitelmissa, toteutuksessa ja työn tuloksessa ja varmistaa, että lopputulos täyttää sopimusehdot. (1, s. 449.)

Laadunvarmistussuunnitelman tarkkuuteen ja yksityiskohtaisuuteen vaikuttaa urakan laajuus, erikoisuus ja haastavuus. Esimerkiksi urakka, jota ei ole suoritettu aikaisemmin, joka mahdollisesti epäonnistuessaan vaarantaa ympäristöä tai on hankkeena valtavan suuri tarvitsee hyvin yksityiskohtaisen ja laajan laatusuunnitelman sekä useamman vastuuhenkilön. Tällä varmistetaan työn onnistuminen ja mahdollisten poikkeamien kiinni saaminen ja korjaaminen. Vähintään rakennushankkeelle on määritettävä yksi vastuuhenkilö oman työn valvontaan ja vastuunjako urakoitsijoiden välillä. On tärkeää, että nämä vastuuhenkilöt ovat mukana suunnittelemassa laatutoimintaa, tällöin, jos urakassa on useita osapuolia, tulevat toistenkin tavat tunnetuiksi. (1, s. 449.)

Laatusuunnitelmaa laadittaessa urakoitsija tarvitsee tilaajalta urakasta tehdyn potentiaalisten ongelmien analyysin. Se tarkoittaa käytännössä listaa mahdollisista ongelmakohdista tulevassa urakassa. Näin useimmilta ongelmilta voidaan välttyä ja niihin osataan varautua jo rakennusvaiheessa. (1, s. 449.)

Urakoitsija laadunvarmistukseen kuuluu myös valmiin urakan itselle luovutus ennen tilaajalle luovuttamista. Näin ollen urakoitsijalla on mahdollisuus korjata havaitsemansa virheet ja tarkastaa rakenteiden oikeus. Itselle luovutus määritellään Yleisissä Sopimusehdoissa, eikä se siten ole sovittavissa erikseen. (1, s. 449.)

## **Yksittäisten tehtävien laadunvarmistus**

Yksittäisen laadunvalvontatehtävän tavoitteena pidetään yleisesti tuotannon etenemistä suunnitellulla tavalla ja asetettujen tavoitteiden saavuttamista, on kyse sitten maa- tai talonrakennustyömaasta. Työsuoritusohje päivitetään ennen yksittäisen työtehtävän aloittamista suoritusta koskeviksi ratkaisuiksi mitattavien laatuominaisuuksien ja toimintatavoitteiden osalta ja sille määritellään laadunvarmistustoimet. Nämä määritellään riittävän tarkasti työsuoritusohjeeseen, jotta voidaan olla varmoja laatuvaatimusten saavuttamisesta. (1, s. 450.)

Laadunvarmistustoimien määrittely pyörii seuraavanlaisten kysymysten ympärillä, joihin yritetään etsiä kaikkia osapuolia miellyttävät ratkaisut

- Miten laatuvaatimusten täyttyminen todetaan
- Miten menetellään poikkeamatapauksissa
- Miten laatumittaukset ja –huomiot raportoidaan
- Mitkä ovat mahdollisia yleisimpiä virheitä ja miten ne voidaan ehkäistä tehokkaasti. (1, s. 450.)

Nämä kysymykset käsittelevät pääasiassa toimintaa työmaalla ja työsuoristusta. Helpottaakseen kysymyksiin vastaamista on mahdollista tehdä mallityö, jossa kaikki poikkeamat ja mahdolliset virhetilanteet tulevat ilmi. Näin voidaan kartoittaa tulevaa työsuoristusta ja verrata sitä työaikana mallityöhön. Mallityön valmistuttua laatuvaatimukset sovitaan lopullisesti, jos niitä alun perin ei ole kyetty yksiselitteisesti määrittelemään. Tästä esimerkkinä voidaan pitää rakenteiden yksityiskohtia ja niiden laatuvaatimuksia, kuten kantavuutta. (1, s. 450.)

On myös huomioitavaa, että varsinkin maarakennus työmailla edellinen työtehtävä pääosin peittyy seuraavan työtehtävän alle. Esimerkkinä penkereen rakentamisessa, kun ensimmäinen kerros on tehty ja toinen tehdään sen päälle, peittyy ensimmäinen kerros kokonaan tai ainakin lähes kokonaan. Tämän takia onkin selvää, että ensimmäisen kerroksen laatuvaatimukset, kuten kantavuus, deformatuminen ja raekoko on tarkastettava työn aikana ja heti sen valmistut-

tua. Ensimmäisen työvaiheen tarkastuksessa varmistetaan myös, että kaikki osapuolet ovat ymmärtäneet määritellyt laatuvaatimukset oikein. Tarkastus on keskustelevaa, suunnittelevaa ja ongelmia ratkaisevaa. Voidaan miettiä yhdessä rakennuttajan/tilaajan projektinjohton, laadunvalvojien ja urakoitsijan maanrakennustyömiesten kanssa esimerkiksi penkereen kantavuuden parantamiskeinoja jos kantavuus ei täyty työohjeen mukaisesti tai deformatuu työmaaliikenteen alla. (1, s. 450.)

Urakoitsijoiden laadunvalvontaan kuuluu myös työmaatoiminnan valvonta. Hyvänä esimerkkinä toimii kaivoksella työmaakäyttämisen valvonta. Tärkeimpänä asiana pidetään suojavarusteiden ja huomiovaatteiden käyttöä. Urakoitsijan työmaamestarin on pidettävä huolta ja huomautettava tarpeen vaatiessa suojavarusteiden puutteesta. Suojavarusteiden ja huomiovaatteiden jatkuva puuttuminen voi poikia varoituksia ja mahdollisen kaivokselta poistamisen. Myös ajoneuvojen laatuvaatimukset, kuten ensisammutuskaluston asianmukaisuus ja voimassaolo, huomio vilkun käyttö ajonaikana ja kiilojen käyttö aina auton ollessa pysäköitynä, ovat tiukkoja ja ne tulee täyttyä aina. Näin turvataan jokaisen työntekijän turvallisuus ja torjutaan poissaoloihin johtavat työtapaturmat ja läheltä piti-tilanteet. Huomioitavaa on, että tyhmyyttä ei voi torjua, näin ollen on todettava jokaisen olevan itse ensisijaisesti vastuussa omasta toiminnastaan kaivosalueella. (1, s. 450.)



### 3 AGNICO EAGLE KITTILÄ MINE

Agnico Eagle Kittilä Mine on Euroopan johtavimpia kultakaivoksia ja kooltaan suurin (Kuva 2). Se on Kanadalaisen Agnico Eagle Limitedin tytäryhtiö, joka harjoittaa aktiivista malminetsintää ympäri Pohjoismaita. Kaivoksella louhitaan malmia noin 1,4 miljoonaa tonnia ja tuotetaan kultaa noin 6 000 kg vuosittain. Kaivoksen ennustetaan näillä malmivaroilla toimivat vuoteen 2036. Malminetsinnän tuloksista riippuen elinikä voi jatkua. (6, linkit Tietoa meistä.)



*KUVA 2. Kaivosalue (13, linkit Resurssit > Dokumentit ja kirjallisuus > Tapaus-  
tutkimukset > Kittilän kultakaivos.)*

#### 3.1 Kaivoksen historiaa

Suurkuusikon kultaesiintymä on löytynyt jo vuonna 1986 ja ensimmäinen kulta-harkko on valettu 2009. Kaivoksen toiminta on alkanut avolouhoksena, mutta sittemmin se on siirtynyt täysin maanalaiseksi louhinnaksi. (6, linkit Tietoa meistä>Historia.)

Vuonna 1986 viitteet kullasta löytyivät vahingossa Kiistalan kylältä tien parannustöiden yhteydessä. Geologiset tutkimukset aloitettiin ja 1998 ruotsalainen Riddarhyttan Resources AB osti Suurkuusikon kultaesiintymän sekä jatkoi jo aloitettuja tutkimuksia. 2000-luvun alussa myönnettiin kaivopiiri ja ympäristölupa. (6, linkit Tietoa meistä > Historia.)

Tieto kultaesiintymästä levisi Kanadaan saakka ja Agnico Eagle Mines Limited osti 14 % yhtiön osakkeista ja vuodessa Kanadalaisen kaivosyhtiö omisti jo kaikki Riddarhyttanin osakkeet. Vuonna 2006 kaivoksen kannattavuusselvitys esitettiin Agnico Eaglen hallitukselle ja kesäkuussa päätös kaivoksen rakentamisesta tehtiin. (6, linkit Tietoa meistä > Historia.)

Malmin louhinta aloitettiin toukokuussa 2008, rikastus saman vuoden syyskuussa ja ensimmäinen kultaharkko valettiin tammikuussa 2009. Kaivoksen tuotanto vakiintui 2010 ja maanalainen louhinta aloitettiin. Vuoden 2010 jälkeen kaivoksen tuotantoa on laajennettu ja käsiteltävän malmin määrä on noussut vuoden 2013 jälkeen 25 %. Näin ollen myös rikastushiekka on lisääntynyt ja toimia sen säilyttämiseksi ja käsittelemiseksi on myös laajennettava. (6, linkit Tietoa meistä > Historia.)

### **3.2 Kaivosalue**

Kittilän kultakaivoksen kaivosalue käsittää maanpäällä

- kaksi toimistorakennusta
- rikastamon sekä monia rikastusprosessiin liittyviä oheisrakennuksia
- pastalaitoksen
- murskaamon
- yhden toiminnassa olevan maanalaisen kaivoksen ja yhden rakenteilla olevan maanalaisen kaivoksen sekä useita maanalaiseen kaivokseen liittyviä oheisrakennuksia
- useita kunnossapitohalleja liittyen niin rikastusprosessiin, maanalaiseen kaivokseen kuin kaivosalueen kunnossapitoon
- prosessivesien käsittelyalueen, joka käsittää
  - o NP-piirin altaat

- CIL-piirin altaat
- prosessivesisäiliön
- vesivarastoaltaan.

### **3.3 Malmin etsintä**

Agnico Eagle malminetsintää Suomessa koordinoidaan Kittilän malminetsintätoimistolta. Malminetsintä työhön kuuluu pääasiassa geologista kartoitusta, geofysikaalisia tutkimuksia ja syväkairausta, mutta myös aktiivisesti uusien tutkimusmenetelmien käyttöä. (6, linkit Tietoa meistä > Malmin etsintä.)

### **3.4 Geologia**

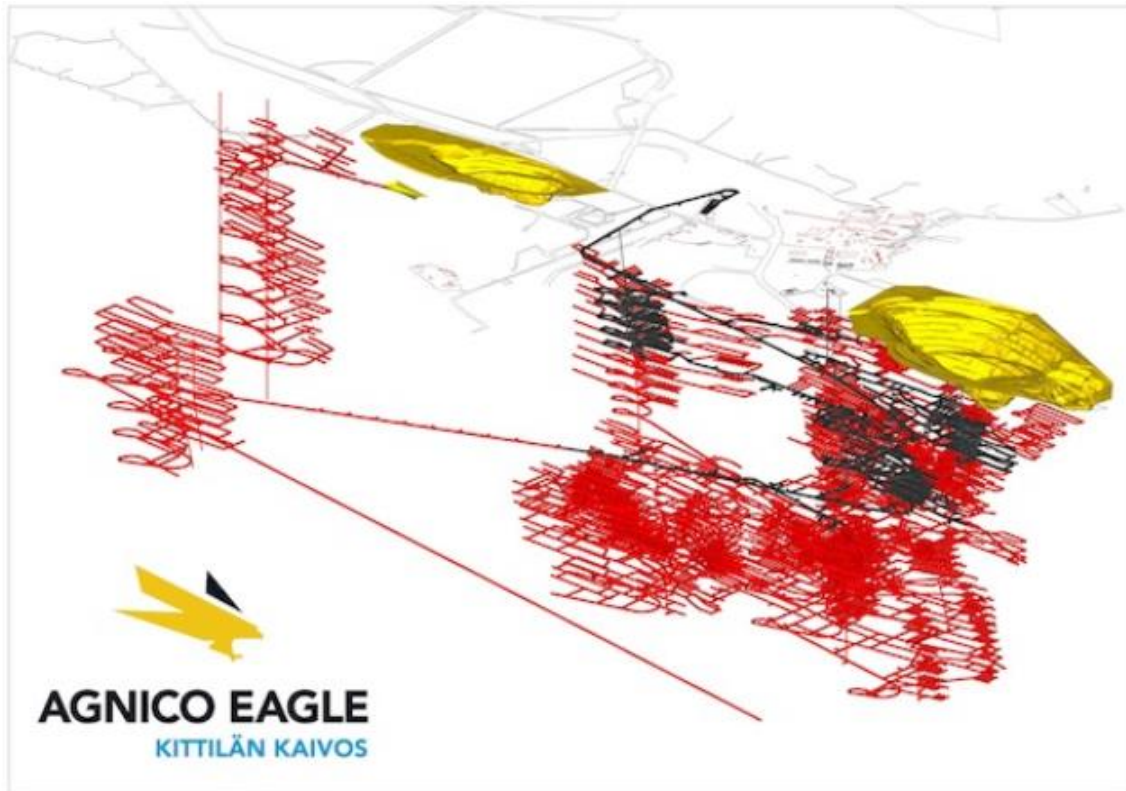
Kittilän kaivoksen alueella kulta esiintyy pääosin sitoutuneena malmiin, eli refraktorisena. Kullan sitoutuminen rikki- ja arseenikiisuihin tekee sen erottamisesta työlästä. Refraktorisen kultaa ei voida silmämääräisesti erottaa kivistä vaan sen näkemiseen tarvitaan mikroskooppi. (6, linkit Tietoa meistä > Geologia.)

Malmin tarkka määrä, sijainti ja pitoisuudet selvitetään ottamalla näytteitä timanttikairauksella, jolla saadaan kalliosta ehjä kivinäyte sekä soijaporaukauksella. Geologien tutkimista kairanäytteistä tehdään 3D-mallinnus, jota käytetään malmin määrän ja pitoisuuksien arvioimiseen sekä malmin ja sivukiven erotteiluun. (6, linkit Tietoa meistä > Geologia.)

### **3.5 Maanlainen kaivos ja louhinta**

Suurkuusikon kaivoksen maanalaista kaivosta on louhittu jo yli kilometrin syvyyteen ja se on kymmeniä kilometriä pitkä (kuva 3). Vuosittain louhitaan noin kahdeksan kilometriä uutta tunnelia. Näin turvataan rikastamolle riittävä malmin tuotanto. Maanalaisen kaivoksen perustoimintoja ovat muun muassa peränajo eli tunnelin louhinta, nousuajo eli pystysuorien tuuletusyhteyksien ynnä muiden sellaisten louhinta, malmin tuotanto louhoksista sekä louhosten täyttäminen, tuuletus ja vedenpoisto. (6, linkit Tietoa meistä > Kaivostoiminta.)

Vesi pumpataan kolmella pääpumppaamolla alemmasta tasosta ylemmälle ja aina maanpinnalle saakka. Kaivosvedet tulevat putkilinjaa pitkin maanpinnalle tasausaltaaseen, jossa kiintoaines saostetaan ja puhtaampi vesi johdetaan pintavalutuskentän kautta turvekerrosten läpi Seurujokeen. (6, linkit Tietoa meistä>Kaivostoiminta.)

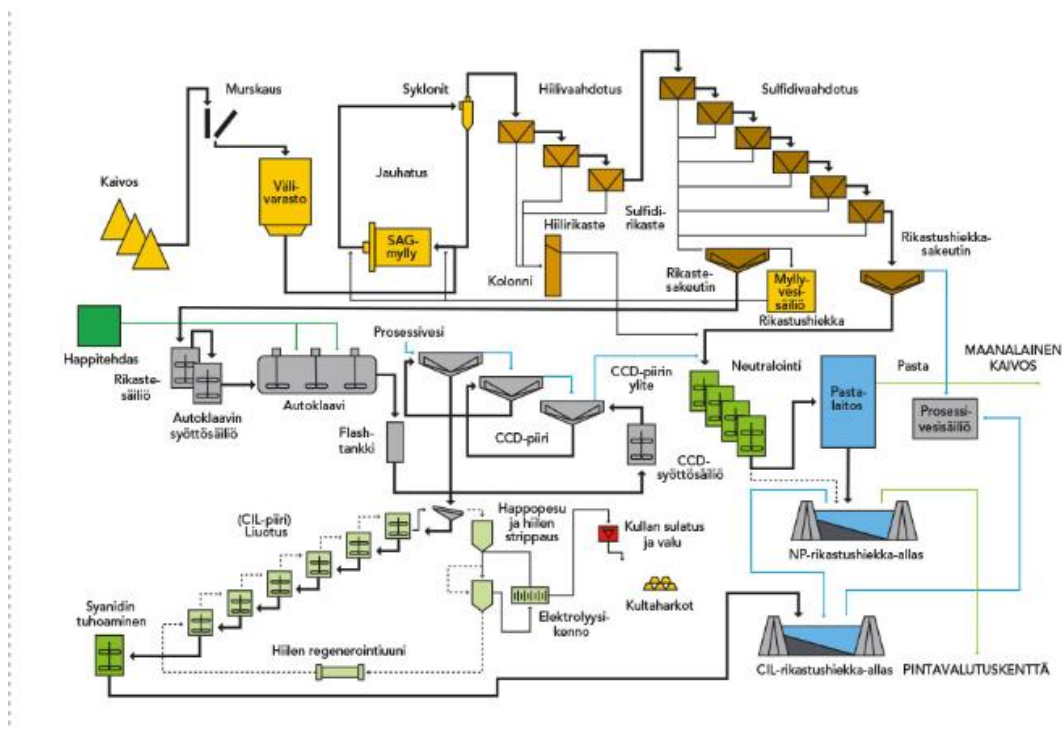


KUVA 3. Kittilän kaivoksen maanalainen tunneli (6, linkit Tietoa meistä>Kaivostoiminta.)

### 3.6 Rikastamo

Kullan esiintymistapa Kittilän louhoksessa on refraktorista, joka tekee sen erotuksesta haasteellista. Toistaiseksi ainoa taloudellisesti kannattava keino on syanidiliuotus, joka on asianmukaisesti käytettynä turvallisin ja ympäristöystävällisin. (6, linkit Tietoa meistä > Rikastus.)

Kittilän kultakaivoksen rikastusprosessi koostuu murskauksesta, jauhatuksesta, vaahdotuksesta, painehapetuksesta, liuotuksesta sekä elektrolyysistä. Rikastusprosessi on monimutkainen ketju kemiallisia reaktioita, jonka vuoksi sitä ei tässä opinnäytetyössä avata (kuva 4). (6, linkit Tietoa meistä > Rikastus.)



KUVA 4. Rikastamon prosessikaavio (6, linkit Tietoa meistä>Rikastus.)

### 3.7 Prosessivesien käsittely

Kulta erotetaan siis malmista monimutkaisella kemiallisella prosessilla kaivoksen rikastamolla. Tässä prosessissa syntyy sivutuotteena rikastushiekaksi kutsuttua rikastusprosessiin hyödyntä hienoa hiekantapaista hienoainesta, joka on pääosin juoksevassa muodossa rikastamolta lähtiessään ja altaisiin saapuessaan. Tämä hienoaaine on säilytettävä altaissa, joita siis kutsutaan rikastushiekka-altaiksi. Hienoaaine on suodatettava kaaripatojen läpi niin, että rikastushiekka saadaan erotettua vedestä ja puhdas vesi voidaan laskea jokeen tai käyttää uudelleen rikastamolla. Tällöin rikastushiekka-altaisiin kertyy kuivunutta ja kuivavaa rikastushiekkaa niin kutsutuiksi ”piitseiksi” (kuva 5). Lopuksi kuivunut rikastushiekka kantaa mahdollisesti jopa työmaaliikennettä. (6, linkit Tietoa meistä.)





*KUVA 5. Kuvassa näkyy rikastushiekan muodostamat ”piitsit” Kevitsan kupari- ja nikkelikaivoksella (5, s. 17.)*

## **4 LAADUNVALVONTA KITILÄN KULTAKAIVOKSEN RIKASTUSHIEKKA-ALTAAN YLÄVIRTAANKOROTUS-TYÖMAALLA**

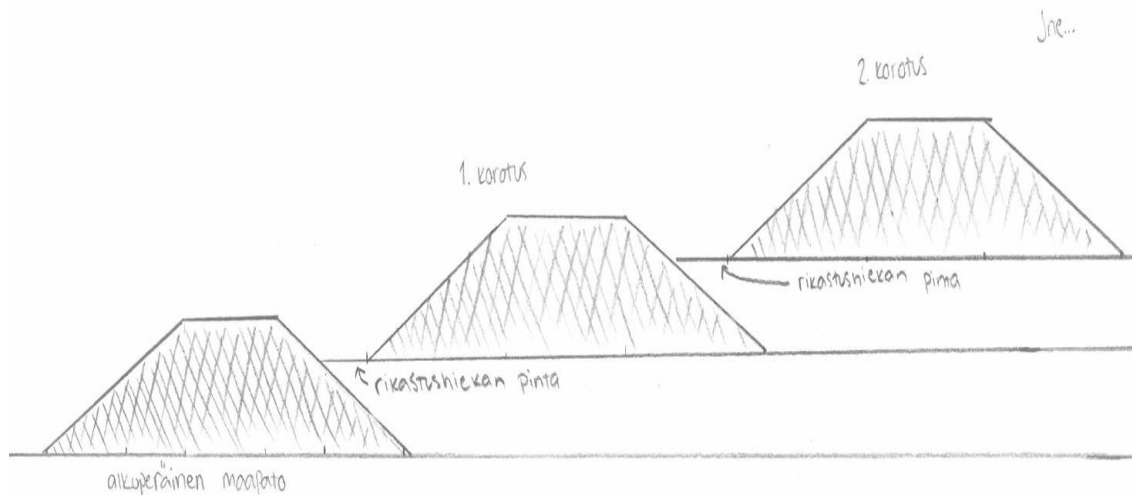
Tuotannossa oleva kaivos, joka rikastaa rikastamossa kaivokselta louhittavan mineraaliaineksen kultamalmin kaivospiirin alueella, tuottaa rikastusprosessin yhteydessä hienojakoista kiinteää ylijäämätuotetta. Tätä kutsutaan rikastushiekaksi. Edellä mainittu rikastushiekka loppusijoitetaan sitä varten rakennetuille rikastushiekka-altaille. Tavallisesti rikastushiekka pumpataan yhdessä ylijääneen prosessiveden kanssa rikastushiekka-alteille. Kun rikastushiekka-altaat täyttyvät ja kaivos on tuotannossa, tulee rikastushiekan loppusijoituksen kapasiteettia nostaa. Tämä voidaan tehdä esim. rakentamalla uusia rikastushiekka-altaita tai korottaa olemassa olevia altaita. (14.)

Laaduntarkkailua suorittaa moniasteinen organisaatio, johon kuuluvat muun muassa tilaajan laadunvalvontaa suorittava henkilöstö ja tavallisesti urakoitsijan laadunvalvontahenkilöstö. Riippumaton laadunvalvoja valvoo työmaalla tehtävää laadunvalvontaa sekä työmaan laatua. Tästä eteenpäin opinnäytetyössä käsitellään Kittilän kultakaivoksen ylävirtaankorotus-työmaan laadunvalvontaa yleisesti tilaajan laadunvalvojan näkökulmasta.

### **4.1 Ylävirtaankorotus-tekniikka**

Ylävirtaankorotus tapahtuu vanhan louherakenteisen vyöhykepadon sisäpuolel-le kantavan rikastushiekanpäälle, johon rakennetaan uusi louhepengeri (kuva 6). Heikommin kantavalla alueella ylävirtaankorotus-penkereen poikkileikkaus tehdään porrastettuna. Tämä tarkoittaa sitä, että ensimmäinen kerros tehdään viisi metriä leveämpänä, jolloin penkereen alareunoihin jää 2 500 mm leveät ”jätkänpolut”. Näin rakenteen massa saadaan jaettua suuremmalle alueelle, eikä rikastushiekka painu liikaa. Rakenteet tehdään maksimissaan 1 750 mm:n rakennekerroksissa. Aloituskokouksessa sovittiin kerrospaksuudeksi 1 500 mm,

johtuen tiivistysten laatusuunnitelmiin määrätyistä minimivaatimuksista työmaa-  
liikenteenpainoa koskien. Ylävirtaankorotusten lukumäärä riippuu altaan suu-  
ruudesta ja rikastushiekan kantavuudesta. (7, s.5.)



KUVA 6. Ylävirtaan korotuksen periaate yksinkertaistettuna

#### 4.2 Ylävirtaankorotus-penkereen laadunvalvonta

Rikastushiekka-altaan ylävirtaankorotus-penger tehtiin suoraan rikastushiekan päälle. Rikastushiekan konsolidoituminen sekä stabiiliteetti ovat avainasemassa suunniteltaessa ylävirtaankorotus-penkereen työvaiheita sekä laadunvalvontaa korotuspenkereille.

Sivukivialueella laadunvalvontatoimet alkoivat louheen valikoivasta lastauksesta, jolla estettiin ylisuurten partikkelien kulkeutuminen louherakenteeseen. Louheen rapautuneisuutta sekä hienoainespitoisuutta seurattiin niin kaivonkoneen kuljettajan, tilaajan laadunvalvojan, kuin myös työmaapäällikön toimesta. Louheen laadunvalvonta jatkui louheenvastaanottopäässä, eli ylävirtaankorotuspenkereellä, jolloin varmistettiin louherakenteen työselityksen mukainen laatu.



#### **4.2.1 Valmistelevat työt**

Urakoitsijan sekä urakoitsijan kaluston saapumista alueelle kutsutaan mobilisoinniksi. Tämän jälkeen urakoitsija tekee aluesuunnitelman ja järjestee huoltoalueensa. (14.)

Kaluston sekä huoltoalueen ollessa paikalla ja valmiita urakoitsija aloitti huolto-, ja työmaaliikenneteiden suunnittelun. Liitteessä 1 taulukossa 1 nähdään, että ylävirtaankorotus-penkereen työmaaliikennetampit rakennettiin maksimissaan puolentoista metrin kerroksena noin 200 metrin välein tulevalle penkereelle. Mittausurakoitsija kartoitti työmaaliikennetampien paikat ja tulevan ylävirtaankorotuspenkereen ala- ja yläreunat sekä asensivat paikoilleen luiskamallit. (8, s.1-15.)

Työmaaliikenteelle tulevan rampin alle asennettiin suodatinkankaat kantavuuden parantamiseksi (kuva 7). Huomioitavaa on, että ramppeihin ei ollut tehty laadunvalvontasuunnitelmaa rakenteen väliaikaisuuden vuoksi. Työmaaolosuhteet huomioon ottaen suodatinkankaiden sijoittaminen oli kuitenkin suotavaa. (8, s.1-15.)



KUVA 7. Työmaaliikenne­rampin alle levitettiin suodatinkankaat

#### 4.2.2 Louhepeng­er

Ylävirtaankorotus-penkereen ensimmäinen louhepeng­er rakennettiin päätypen­gerryksenä louheen raekoolla # 0/600 mm. Louhepenk­ereen poikkileikkauksia suunniteltiin kaksi kappaletta siitä syystä, että rikastushiekan kerrosten stabiili­teetti ei ole vakio. Poikkileikkausta A käytettiin, kun rikastehiekka oli stabiili sekä riittävästi konsolidoitunut. Poikkileikkaus A:n rakenteen pohja oli 26 metriä leveä ja luiskakaltevuus 1:2. Poikkileikkaus B suunniteltiin paikkoihin, joissa rikaste­hiekan stabiiliteetti oli todella huono. Se poikkesi poikkileikkauksesta A niin kut­sutujen ”jät­kän­polkujen” osalta. Poikkileikkaus B:n rakenteen pohja oli 32 met­riä. Louhepenk­ere rakennettiin B-poikkileikkauksessa seuraavasti: Penk­ereen paksuus on 1 700 mm ja se tehtiin normaaleita työmenetelmiä käyttäen. Tämän jälkeen penk­ereen molemmille reunoille jätettiin 2 500 mm huoltotiet eli ”jät­kän­polut”, jotka leventävät rakenteen alaosan poikkileikkausta yhteensä 5 000 mm:ä, jolloin penk­ereen paino jakautui suuremmalle alalle. Penk­ereen alle levi­tettiin lujitekankaat, jotka yhdessä jät­kän­polkujen kanssa parantavat rikastus-

hiekan kantavuusominaisuuksia. Penkerettä nostettiin 1 500 mm:n kerroksissa. Ylävirtaankorotus-pengertä aloitettiin rakentamaan työmaaliikennerampilta molempiin suuntiin yhtä aikaa pääpatovallin suuntaisesti (Starder dam). (7, s. 4-6.)

### **Louhemateriaalin seuranta**

Louhemateriaalin lastaus suoritettiin valikoivana lastauksena sivukivialueella. Näin ollen on pyrittään välttämään ylisuurten partikkelien sekä rapautuneen louheen kulkeutumista louherakenteeseen. Myös vastaanotto päässä, eli ylävirtaankorotus-penkereellä, tarkkailtiin louheen raekokoa, rapautuneisuutta sekä hienoainespitoisuutta. Louheen laatu dokumentoitiin kuvin ja arkistoiitiin sähköisesti.

Laadunvalvonnan kannalta töiden ollessa käynnissä seurattiin louheen raekokoa, rapautuneisuutta sekä hienoainespitoisuutta. Penkereen stabiliteettin kannalta on hyvin tärkeää, että louhe täytti sille asetetut kriteerit. Louheen laatu dokumentoitiin kuvin, jotka liitettiin viikkoraportteihin. (9, liite 1 s. 1(2).)

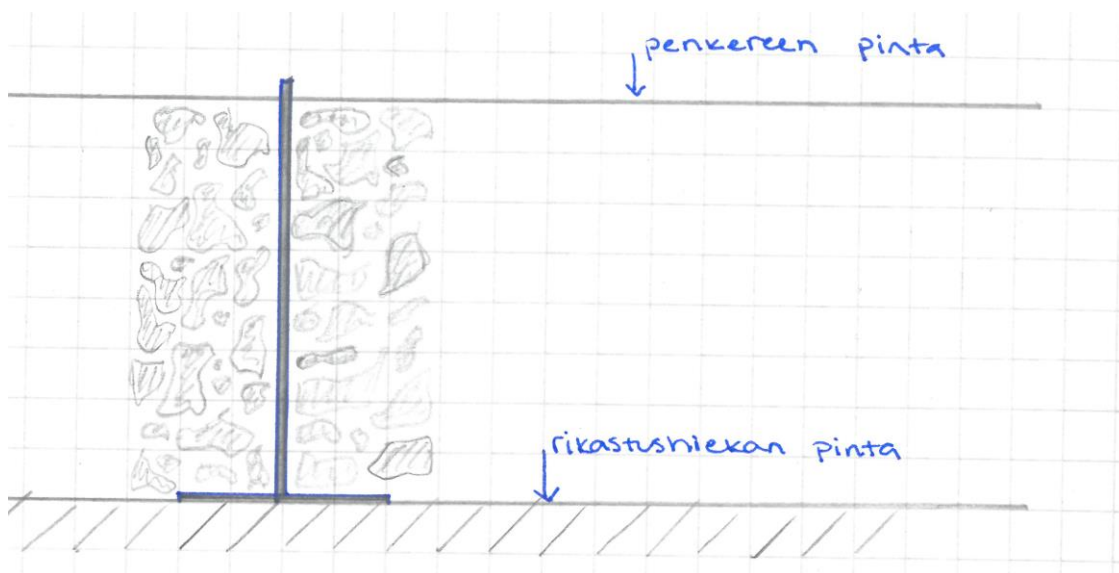
### **Rikastushiekan deformaatio**

Ylävirtaankorotus-penkereen rakenteen tullessa rikastushiekan päälle seurattiin tarkoin rikastushiekan mahdollista häiriintymistä sekä mahdollista deformaatiota. Rikastushiekan purkupaikan läheisyydessä sen kantavuus heikkenee. Suunnittelija oli laatinut näihin tilanteisiin ohjeistuksen, koskien suodatin-, ja lujitekankaiden käyttöä. (9, liite 1 s. 1(2).)

Rikastushiekan stabiliteetin ollessa heikko työmaapäällikkö konsultoi suunnittelijaa suodatin- tai lujitekankaiden käytön tarpeesta. Tällöin voidaan vielä pysyttyä poikkileikkauksessa A sekä käyttää suodatin- tai lujitekankaita suunnittelijan ohjeiden mukaan. Tilanteessa, jossa rikastushiekan kantavuus on todella huono, siirryttiin lujitekankaisiin sekä poikkileikkaukseen B. Kummatkin kankaat limitettiin >750 mm ja tätä seurattiin työtapatarkkailuna sekä dokumentoitiin kuvin, jotka arkistoiitiin sähköisesti. (9, liite 1 s.1(2).)

## Painumalevytangot

Ennen louhepenkereen rakentamista rikastushiekan päälle asennettiin painumalevytangot (kuva 8). Mittausurakoitsija mittasi painumalevytankojen mahdollisen painuman ennen louhepenkereen rakentamisen aloittamista. Painumalevytangon painumalevy sijaitsee louhepenkereen alla. Painumalevytangon painumalevy painuu louhepenkereen painuessa. Painumalevytangot ovat keskenään tasamittaisia. Näin ollen alkuarvoon 0 mm verrattuna painumalevynarvo meni negatiivisen puolelle penkereen painuessa. Lukemat kertovat ensikäden tietoa rikastushiekan sekä louheen painumisesta rakennusaikana. (7, s. 7.)



KUVA 8. Painumalevytanko louherakenteessa

## Pietzometrimitarit

Pietzometrimitarit asennettiin paaluille 1 825, 1 625 sekä 1 275 pareittain, toinen 4 500 mm rikastushiekan pinnasta sekä toinen 6 000 mm rikastushiekan pinnasta. Niiden avulla pysyttiin tietoisina työmaan aikana rakenteen huokosvesipaineen tilasta. Huokosvesipaine nousee kapillaarisesti rikastushiekasta louherakenteeseen, kun rakenne on vasta rakennettu. Kuitenkin muutamassa päivässä sen tulee laskea alkuperäiselle tasolle. Jos näin ei käy, on rakenne jätet-

tävä hetkeksi lepäämään ja odotettava, että huokosvesipaine arvot laskevat. (7, s.7.)

### **Inklinometrimittarit**

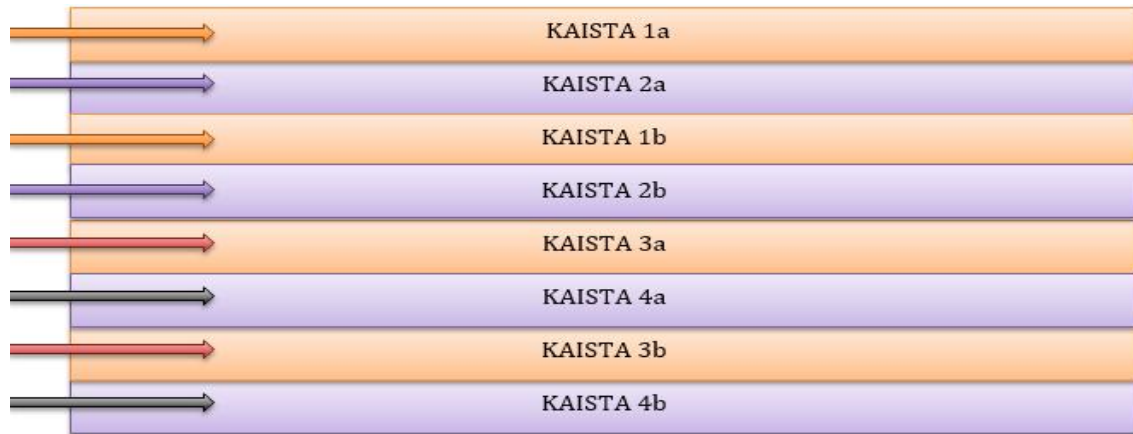
Inklinometrit asennettiin rakenteen valmistuttua piezometrien kanssa samoille paaluille. Inklinometrien tarkoitus on kertoa rakenteen valmistumisen jälkeen tapahtuvasta mahdollisesta liikehdinnästä vaakasuunnassa ja pituussuunnassa ylävirtaankorotus-penkereessä. (7, s.7.)

### **70 tonnin kiviautolla tiivistäminen**

Ylävirtaankorotus-penger on uudehko rakenne Suomessa, joten suoranaisia toimintatapamalleja ei laadunvalvonnallisiin toimiin löytynyt. Tilaajan laadunvalvoja konsultoi muun muassa tiivistyksien suunnittelemisessa niin tilaajan työmaapäällikköä kuin suunnittelijaa. Ramppien sijainnista sekä työmaaliikenteen kulusta löytyy havaintokuva liitteestä 1. (11, 13.6.2016.)

Kun louhepenkereen ensimmäisen 1 500 mm:n kerroksen paaluväli 0-50 saatiin valmiiksi, aloitettiin tiivistäminen 70 tonnin kiviautolla. Suunnittelija oli laatinut työselitykseen esityksen penkereen tiivistämisestä 70 tonnin kaivosautolla eli täyskuormaisella dumpperilla ajaen ja minimi ylityskertojen määrä on kymmenen kaistaa kohden.

Penkereen kaistoitus suunniteltiin etukäteen (kuva 9). Esimerkiksi jos kaistoja olisi neljä, tiivistys tapahtuisi seuraavasti: Ensin tiivistetään kaistan yksi a- ja b-osat ajamalla kymmenen ylityskertaa 70 tonnin kiviautolla. Kaistan yksi jälkeen siirrytään kaistan kaksi a- ja b-osiin, jotka myöskin tiivistetään 70 tonnin kiviautolla ja kymmenellä ylityskerralla. Tämän jälkeen siirrytään ajamaan kaistan 3 a- ja b-osia. Tässä tulee huomioida, että ei siirrytä vain kaistan verran sivulle vaan kokonaan kaistan kolme kohdalle. Kaistan kolme jälkeen siirrytään kaistan neljä a- ja b-osiin. Kaista kolme ja neljä tiivistetään kaistojen yksi ja kaksi tavalla. Tällä työtavalla vältetään kaistan kaksi b kahteen kertaan tiivistykseltä. (12, s.4.)



*KUVA 9. Ylävirtaankorotus-penkereen louhekerroksen kaistoja havainnollistava kuva*

Ylävirtaankorotus-penkereelle sijoitettiin 8 kaistaa, jotka merkittiin sumutolpin tai värimaalilla. Näin kiviautokuljettaja tiesivät ajoreitin sekä tilaajan laadunvalvojan oli mahdollista laskea ylitysten määrä kaistaa kohden ja dokumentoida se käsin. Ylävirtaankorotuspenkereen suunnitelmaselostuksessa määriteltiin jokaiselle kaistalle 10 ylitys kertaa. (7, s.6.)

Ylävirtaankorotus-penkere raportoitii taulukkoon ylläpitämällä tukkimiehen kirjanypitoa, kuten liitteessä 2/1 taulukossa 1 nähdään. Liitteessä 2/2 havaintokuvassa 2 havainnollistetaan, että myös poikkileikkaukseen merkittiin tiivistetyt alueet. Täten muiden projektissa mukana olevien on helppo lukea pökkileikkauksesta mitkä alueen ovat tiivistettyjä ja näin ollen valmiita seuraavalle kerrokselle.

### **Ylävirtaankorotus- penkereen yleisilme**

Ylävirtaankorotus-penkereen yleistä järjestystä sekä työselitysten mukaisuutta seurasivat niin työmaapäällikkö, tilaajan laadunvalvoja, maamittausurakoitsija kuin työmaalla työskentelevät urakoitsijan maanrakennusalan ammattilaiset. Silmämääräisesti havainnoitiin muun muassa penkereen korkeutta ja leveyttä, muodon suunnitelmien mukaisuutta ja siistiä työn jälkeä. On tärkeää, että saatiin mahdolliset työtapamenettelyistä johtuvat poikkeamatilanteeseen johtavat tilan-

teet kiinni mahdollisimman nopeasti. Näin mahdolliset ongelmatilanteet vältettiin ja penkereestä tuli työselityksen mukainen. (11, 20.6.2016.)

#### **4.2.3 Päälyskerrokset**

Kuten pumppaamopenkereen päälyskerrokset, niin ylävirtaankorotuspenkereen päälyskerrokset rakennettiin murskeena 500 mm:n kerroksena #0-55 mm raekoolla. Kerros tiivistettiin täryjyrällä tarvittavana kaistamääränä.

On myös huomioitava täryjyrällä tiivistettäessä, että liian suuri määrä ylityskertoja huonontaa rakenteen laatua. Kun kerros oli tiivistynyt tarpeelliseen tiiveyteen, jyräämisen jatkaminen voi löyhentää kerroksen tiiveyttä täryyttämällä partikkelit irti toisistaan. Työselityksen mukaisesti täryjyrällä ajettiin minimissään neljä kertaa kaistaa kohden. (7, s.4.)

#### **4.3 Pumppaamopenkereen laadunvalvonta**

Ylävirtaankorotus-työmaalla laadunvalvonta on niin koko työn kuin yksittäisen työkohteen laadunvalvontaa. Tällä pystytään takaamaan vaatimusten ja tavoitteiden täyttyminen. Suunnittelija määrittelee laadunvalvontasuunnitelmaan tilaajan laadunvalvontatyöt eriteltynä työkohteittain. (12, s.2.)

Pumppaamopenkereeseen asetetaan pumppaamopenkereen ja ylävirtaankorotuspenkereiden valmistuessa pumppaamo, jonka avulla pumpataan suotautunutta eli puhdistunutta vettä takaisin rikastamossa käynnissä olevaan prosessiin (Kuva 10). (12, s.2.)



*KUVA 10. Keskellä näkyy pumppaamopenger (5, s.17)*

## **Maanmittaus**

Maanmittaurakoitsijan osaa maanrakennusalan töissä ei voi koskaan korostaa liikaa. Oli tärkeää, että mittausurakoitsija kartoitti ensimmäisenä tulevan maanrakennuskohteen alueella maan pinnanmuodon korkotasot. Tällöin tiedettiin maan eri muodot sekä mahdolliset kaltevuudet. (12, s.2.)

Tämän jälkeen tässä projektissa suunnitelmien mukaan mittausurakoitsija merkitsi tulevan pumppaamopenkereen reunakantit, penkereen rakennekerrosten korkotasot sekä luiskamallit. He mittaavat myös töiden alkaessa sekä jatkuessa penkereen korkeutta, leveyttä sekä asettavat luiskamalleja. (12, s.2.)

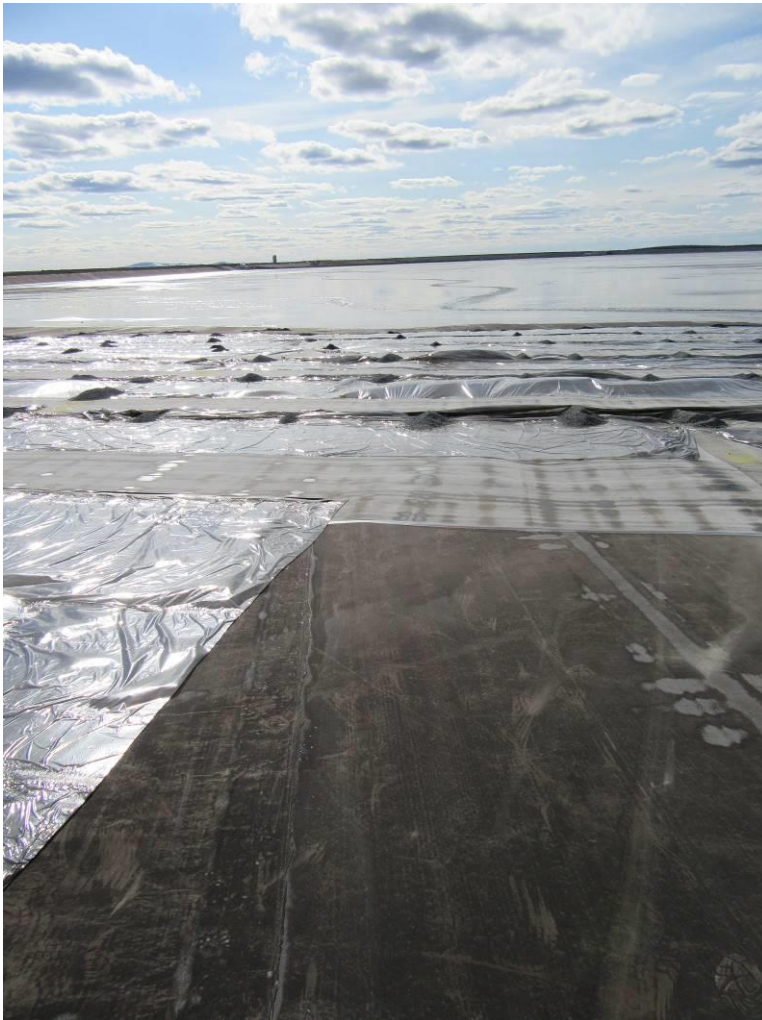
## **Bitumigeomembraani (BGM)**

Rikastushiekka-altaat on päällystetty bitumigeomembraanilla (BGM), jotka viihtelevät altain tiiveysrakenteen. Rakennustöiden suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon alkuperäisten BGM:n vaurioitumisen estäminen. Näin ollen pumppaamopenkerelle asennettiin toinen BGM-kerros sekä rakennettiin suojakerros valmistelemina töinä ennen louhepenkereen teon aloittamista (Kuva 11). Ennen BGM:n asennusta alkuperäisen BGM:n pinta pestiin ja harjattiin, jotta kivet saadaan pois. Pumppaamopenkereen työselityksessä ja laadunvalvontasuunnitelmassa määriteltiin, että BGM:n ja suojakerroksen tulee ulottua aina



niin kauas altaan keskikohtaa kohden, kunnes rikastushiekan paksuus on vähintään metri.(12, s.4.)

BGM suojaa alkuperäistä BGM:tä rikkoontumasta kuorman alla. Tämän ei tarvitse olla vesitiivis, joten sen reunoja ei hitsata yhteen. Kuitenkin suunnitelmaselostuksessa suunnittelija on laatinut minimirajan BGM:n limityksiin, joka on > 300 mm. Laadunvalvonnallisesti BGM:n limitystä seurattiin työpatatarkkailuna ja dokumentoitiin kuvin, jotka arkistoitiin sähköisesti. Työvaihe kirjattiin myös viikokoraporttiin ja katselmoidaan ennen seuraavan työvaiheen aloittamista. (12, s.4.)



*KUVA 11. BGM rikastushiekka-altaan pohjalla suojaamassa vanhaa BGM:tä*

## Suojakerros

BGM:n lisäksi penkereen alle rakennettiin suojakerros, joka suojaa BGM-mattoja rikkoontumiselta raskaan louhepenkereen alla (kuva 12). BGM:n päälle levitettiin aluksi hieno murske kooltaan #0-16 ja paksuudeltaan 400 mm. Tämän päälle levitettiin karkeampaa mursketta 600 mm paksuudelta raekooltaan #0-200 mm. (12, s.4.)

Työselityksessä ja laadunvalvontasuunnitelmassa määriteltiin, että kaivinkone voi työskennellä vain karkeamman louheen päältä, joten suojakerroksen molempia kerroksia työstettiin lähes yhtä aikaa. Pengertä aloitettiin rakentamaan altaan reunalta rikastushiekka-altaan keskikohtaa kohden niin, että ensin levitettiin hienompi murske noin 5 metrin päähän huoltotiestä, joka kulkee rikastushiekka altaan suuntaisesti ja on kohtisuorassa tulevaa pumppaamopengertä kohti. Tämän jälkeen levitettiin muutamia metrejä karkeampaa louhetta hienomurskeen päälle ja siirryttiin työskentelemään sen päältä. Tätä tarkkailtiin työpatarkkailuna ja dokumentoitiin kuvin, jotka arkistoitiin sähköisesti. (12, s.4.)

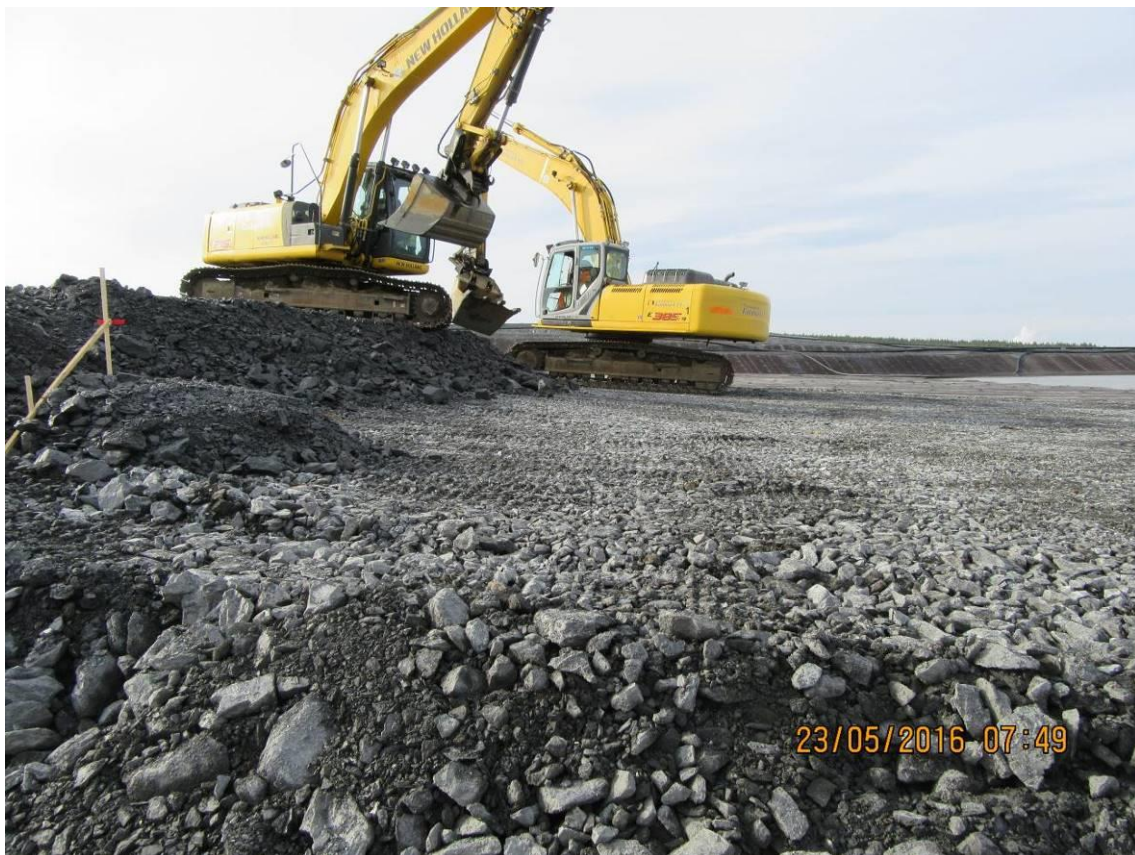


KUVA 12. Suojakerros

Kun suojakerros saavutti paalun 50, aloitettiin työselityksen mukainen tiivistäminen telasullonnalla vähintään 30 tonnin kaivinkoneella. Suunnittelijan suunnitelmien mukaan pengeri tiivistetään, joko 30 tonnin kaivinkoneella telasullomalla tai 70 tonnin kiviautolla riippuen kerrospaksuudesta, kaistoittain ja ylityskerrat dokumentoidaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaivinkoneella ajettiin penkereellä vähintään suunnittelijan määrittelemä määrä ylityskertoja kaistaa kohden. (12, s.4-5.)

#### 4.3.1 Louhepengeri

Pumppaamon louhepengeri rakennettiin päätypenkereenä 900 mm:n kerroksissa suojapenkereen päälle, jotta vältetään täyden korkeuden päätypengerryksessä tapahtuva lajittuminen ja mahdollistetaan systemaattinen tiivistäminen (kuva 13). Louheen levitys suoritettiin kaivinkoneella. (12, s.4.)



*KUVA 13. Louhetukipenger rakennettiin kerroksittain päätypenkereenä*



## Työmaaliikenteellä tiivistäminen

Kun louhepenkereen ensimmäisen 900 mm:n kerroksen paaluväli 0-50 saatiin valmiiksi, aloitettiin tiivistäminen 70 tonnin kiviautolla (kuva 14). Suunnittelijan työselityksen mukaisesti penkere tiivistettiin 70 tonnin kaivosautolla eli täyskuormaisella dumpperilla ajaen ja minimi ylityskertojen määrä oli kymmenen kaistaa kohden. Penkereen kaistoitus suunniteltiin etukäteen.



*KUVA 14. Tiivistysten havainnointia kolmannen kerroksen valmistuttua*

Tiivistysten laadunvalvonta suoritettiin työpatarkkailuna paikan päällä. Liitteessä 2/3 taulukossa 3 nähdään pumppaamopenkereen ensimmäisen kerroksen ylityskertojen määrä kaistaa kohden. Näin voidaan myös jälkeenpäin varmistaa kunkin kaistan tiivistykset. Tiivistyksiä dokumentoitiin myös kuvin. Seuraava työvaihe aloitettiin välittömästi, kun edellinen saatiin tiivistettyä. Näin ollen edellinen työvaihe jäi peittoon eikä sitä voida katselmoida enää jälkeenpäin. Täten kuvia on hyvä olla runsaasti. (12, s.4.)

Tiivistysten jälkeen katselmoitiin laadunvalvojan toimesta kerroskohtaisesti penkereen konsolidaatio. Työselityksessä ja laadunvalvontasuunnitelmassa korostettiin, että penger ei saa deformatua työmaaliikenteen alla. Rikastushiekan konsolidaatio sekä stabiliteetti todettiin ja dokumentoitiin kuvin sekä arkistoitii sähköisesti. (12, s.4.)

#### **4.3.2 Päälyskerrokset**

Pumppaamopenkereen louhetukipenkereen päälle rakennettiin kantavakerros, jonka korkeus on 500 mm ja raekoko #0-55. Kantavan kerroksen korkeutta, louheen raekokoa sekä rapautuneisuutta tarkkailtiin silmämääräisesti ja dokumentoitava kuvin. (8, s.6.)

Kerroksen valmistuttua se tiivistettiin täryjyrällä tarvittavana kaistamääränä ja vähintään neljällä ylityskerralla. Ammattitaitoinen täryjyräkuljettaja voi omaa harkintaa käyttäen, työmaan johdolle ilmoittaen, neljän ylityskerran jälkeen jatkaa tiivistyksiä, jos penkereen kantavakerros edelleen deformatuu. Kaistamerkinät hoidettiin täryjyrällä työskenneltäessä maalilla merkatien sumutolppien sijaan. (8, s.7.)

#### **4.4 Laadun alittuessa**

Mikäli laatu puute havaittiin, toimittiin suunnittelijan esittämien korjaavien toimenpiteiden mukaisesti. Ensimmäisestii tilaajan oma laadunvalvoja totesi laatu puutteen ja tilanne korjattiin välittömästi. Tilaajan laadunvalvojan tehtävä oli raportoida laatu poikkeamista riippumattomalle laadunvalvojalle, kuten kelvollisistakin. Laatu poikkeamista tehtiin myös poikkeamaraportti, johon kirjattiin korjaavat toimet. (9, s.3.)

Jos urakoitsija, tilaajan laadunvalvoja tai riippumaton laadunvalvoja havaitsi laatu poikkeaman työmaalla, oli siitä välittömästi ilmoitettava työn suorittajalle ja työn johdolle. Tilaaja tai riippumaton laadunvalvoja määräsi tarvittaessa lisää kokeita asiaan liittyen. (9, s.3.)

Mahdollisen puutteen liittyessä rakenteen toiminnalliseen vaatimukseen, kuten esimerkiksi ylävirtaankorotus-työmaassa penkereen puutteelliseen tiivistämiseen tai kantavuuden puutteeseen, tilaaja korjattaisi tilanteen välittömästi. Dokumentit, joilla osoitettaisiin korjaustyöt ja lopputulos, toimitettaisiin riippumattomalle laadunvalvojalle. Suunnittelija ja riippumaton laadunvalvoja ottaisi tarvittaessa kantaa korjausesitykseen. (9, s. 3.)

Mikäli laatupuute tai rakenteelliseen toimintaan liittyvä puute havaittiin, tilaaja pyysi tarvittaessa suunnittelijalta korjausesityksen. (9, s. 4.)

Kaikista mahdollisista laatupuutteiden korjauksista laadittaisiin riittävä dokumentointi, jossa ilmenisi korjaustapa ja korjatun rakenteen laadunvarmistustapa ja dokumentointi. Jos mahdollinen korjaava työ muuttaisi suunnitelmia, siitä laadittaisiin toteutumapiirustus. Poikkeamatapauksissa, joissa rakennetta ei voida kohtuullisin töin korjata suunnitelman mukaiseksi, laatisi tilaaja rakenteesta selvityksen, jossa esitettäisiin rakenteen kelpoisuus. Tällöin suunnittelijan olisi annettava esityksestä lausunto ennen kuin riippumaton laadunvalvoja sen hyväksyisi. (9, s. 4.)

## **5 YLÄVIRTAANKOROTUS-TYÖMAAN RAPORTOINTI**

Laadunvalvontaa suoritettiin tilaajaa ja luvittavia sekä valvovia viranomaisia varten. Laadunvalvonta suunnitelmassa määriteltiin erilaiset raportointivaatimukset, jotka koskivat tilaajan laadunvalvojaa. On tärkeää, että laadunvalvontaraportit oli ajan tasalla sekä huolellisesti tehty.

### **5.1 Kokouskäytäntö**

#### **Aloituskokous**

Ennen työmaan aloittamista on pidettävä työmaan aloituskokous. Aloituskokouksessa käytiin läpi työmaahan liittyvät, henkilöt, työtavat sekä suunnitelmat yksityiskohtaisesti asianosaisten läsnä ollessa. On tärkeää, että suunnittelija, riippumaton laadunvalvoja ja projektinjohto olivat läsnä ja perehtyneitä tulevaan projektiin. Tällä pyritään ristiriita- ja ongelmatilanteilta välttyä itse projektin aikana. (10, Aloituskokouksenpöytäkirja.)

Aloituskokouksessa tarkennettiin siis suunnitelmissa olevia työtapoja, epäselviä ohjeistuksia sekä raportoinnin keinoja. Kokouksessa päätetyt ja tarkennetut asiat kirjattiin ylös sekä laadittiin pöytäkirja, joka allekirjoitettiin osapuolten kesken. Tarvittaessa voitiin siis jälkeenpäin mahdollisissa ongelmatilanteissa palata soveltuihin asioihin. (10, Aloituskokouksenpöytäkirja.)

#### **Työmaakokoukset**

Aloituskokouksen jälkeen päätettiin pidettäväksi joka kuukausi työmaakokous, jossa käsitellään työmaan sen hetkinen työmaatilanne. Pyrittiin, että työmaakokouksessa on läsnä tilaajan työmaanjohto, laadunvalvonta organisaatio, riippumaton laadunvalvoja sekä suunnittelijan edustaja.

Työmaakokouksesta laadittiin pöytäkirja, johon kirjattiin ylös kaikki kokouksessa läpikäytyt asiat. Pöytäkirja arkistoitiin allasalueen työmaatoimistoon ja liitettiin laatukansioon.

## **Työmaan viikkopalaverit**

Työmaalla työskentelevä organisaatio, johon kuuluvat työmaapäällikkö, tilaajan laadunvalvoja sekä urakoitsijan edustaja, piti työmaanviikkopalaverin joka viikon maanantaina koskien edellistä viikkoa. Viikkopalaverissa käsiteltiin edellisen viikon työmaatilanne, työturvallisuus sekä laadunvalvonta.

## **Päätöskokous**

Kun työmaa valmistui tai saavutti ennalta sovitun välietapin, pidettiin taloudellinen loppuselvitys, vastaanotto- ja käyttöönottotarkastukset. Näissä kokouksissa ja tarkastuksissa käytiin läpi urakan valmiusaste, mahdolliset laatu puutteet, kohteen käyttöönottovalmius sekä tilaajan ja urakoitsijan väliset taloudelliset asiat. Kokouksissa ja tarkastuksissa kerrattiin tehdyt rakenteet, työmaan raportointi, poikkeamatilanteet, rakennusaikana muuttuneet suunnitelmat ja takuuajan käytännöt.

## **5.2 Laadunvalvonnan työmaapäiväkirja**

Laadunvalvonnasta sovittiin pidettäväksi työmaapäiväkirjaa. Laadunvalvontasuunnitelmassa ei ollut eritelty työmaapäiväkirjalle erillistä ohjeistusta, joten se jäi tilaajan laadunvalvonnan harkintaan. Yhdessä työmaan johdon sekä muiden valvovien tahojen kanssa sovittiin, että tilaajan laadunvalvoja laatii laadunvalvontapäiväkirjan laadunvalvontataulukon pohjalle (liite 3, 4/1 ja 4/2). Taulukkoon täytettiin päivittäin ne kohdat, joita työmaalla oli tehty. Näin saatiin yhdenmukainen selkeä päivittäinen kirjanpito laadunvalvonnan toimista. Laadunvalvontasuunnitelmassa korostetaan myös, että laadupäiväkirjassa oli raportoitava niin työselityksen mukaiset kuin mahdollisesti poikkeavat asiat. (9, s.1.)

Päivittäinen laadunvalvonnan raportointi pyrittiin pitämään yksinkertaisena, jolloin myös muiden työmaalla työskentelevien oli helppo tarvittaessa tarkastaa laadunvalvonnallisia asioita. Tästä hyvänä esimerkkinä voidaan pitää tiivistyk-



sien raportointia. Tiivistysten valvontataulukosta voi esimerkiksi työmaapäällikkö tarkastaa, mitkä paaluvälit oli tiivistetty, jolloin hän voi suunnitella louhepenkeen jatkamista kyseiselle paaluvälille. Laadunvalvontapäiväkirja liitettiin laatukansioon työmaan päätyttyä. (9, s.1.)

### **5.3 Laadunvalvonnan viikkoraportti**

Laadunvalvonnan viikkoraporttiin kerättiin kaikki laadunvalvonnallisesti oleelliset asiat menneeltä viikolta. Laatupäiväkirjoja käytettiin apuna raporttia laadittaessa, näin saatiin tarvittava tarkkuus viikolla tapahtuneista asioista. Laadunvalvonnan yksi olennaisin osa oli erilaisten havaintojen dokumentointi valokuvin. Näitä valokuvia tuli käyttää raportissa havainnollistamassa erilaisia laadunvalvonnallisia asioita. Näin raportin vastaanottajan oli helpompi ymmärtää laadunvalvonnan viikkoraportissa esille tulleita tilanteita. (9, s.2.)

Laadunvalvonnan viikkoraportointi toimii tiedotusvälineenä työmaan johdon kautta riippumattomalle laadunvalvojalle työmaalla tapahtuneesta laadunvalvonnasta. Niin työmaanjohdolle kuin riippumattomalle laadunvalvojalle voi varmistua, että laadunvalvonta oli suunnitellun mukaista. (9, s.2.)

### **5.4 Laatukansio**

Geobotnian suunnittelija oli esittänyt suunnitelmissaan, että laatukansio tulee kerätä työmaan päätyttyä. Laatukansio käsittää kaikki työmaa aikaiset laaditut laatuasiakirjat sekä -raportit ja materiaaleista kerätyt materiaalitodistukset, jotka oli kerätty myös laadunvalvontataulukoon (liite 5). Laadunvalvontataulukon avulla pidettiin kirjaa ja varmistettiin, että kaikki tarvittavat laadunvalvontatoimenpiteet tehtiin ja täyttyivät.

Laatukansio arkistoitii yhdessä muiden työmaahan liittyvien asiakirjojen kanssa kaivoksen toiminnan ajaksi. Näin mahdollisissa ongelmatilanteissa tulevaisuudessa voidaan palata muun muassa laadunvalvonta asiakirjoihin.

## **5.5 Riippumattoman laadunvalvojan loppuraportti**

Työmaan päätyttyä tai saavutettua aiemmin sovitun välietapin riippumaton valvoja laatii päätösraportin. Päätösraportti lähetetään tilaajalle, joka liittää sen laatu-  
tukansioon, sekä valvovalle viranomaiselle.

## 6 LOPPUSANAT

Opinnäytetyöni tavoitteena oli selvittää pääpiirteittäin tilaajan vastuulla olevaa laadunvalvontaa rikastuhiekka-altaan ylävirtaankorotus-työmaalla. Työmaan erityispiirteistä johtuen päätin aloittaa opinnäytetyöni avaamalla rakennustyömaan laadunvalvontaa, jossa havainnoin yleisellä tasolla laadunvalvonnan vaatimuksia. Rikastushiekka-altaan ylävirtaankorotus-työmaalla tehtyä laadunvalvontaa oli sitten helpompi käydä läpi opinnäytetyön luvuissa 4 ja 5. Perehdyin myös ennen työmaan alkamista ylävirtaankorotus-työmaan suunnitelma-asiakirjoihin.

Ylävirtaankorotus-työmaalla tuli kesän aikana muutoksia suunnitelmiin, joita ei tässä opinnäytetyössä ole erikseen käsitelty niiden monimutkaisuuden ja laajuuden takia. Täten on todettava, että tilaajan laadunvalvojan on mukauduttava muuttuviin tilantisiin ja oltava koko ajan perillä työmaan tilanteesta ja päivitetystä suunnitelmista.

Opinnäytetyössä kävi ilmi, että laaduntarkkailu on moniasteinen organisaatio, jossa niin viranomaisen kuin tilaajan ja urakoitsijan edustajat tekevät yhteistyötä projektin loppuun saamiseksi työselityksen mukaisesti. Ylävirtaankorotus-työmaata tarkkailtaessa havaitsin, että laadunvalvonnassa erityistä huomiota on kiinnitettävä selkeään raportointiin sekä kattavaan dokumentointiin. Suurimmiksi haasteiksi osoittautuivat työmaan jatkuva eläminen ja suunnitelmien muuttuminen. Kun työmaalla vallitsee yhteisymmärrys ja keskusteluyhteys kaikkien osapuolten välillä, toimii työmaa sujuvasti ja kaikkia tyydyttävästi.

Liitteet ovat tausta-aineistona salassapitovelvollisuuden vuoksi.

## LÄHTEET

1. Junnonen, Juha-Matti 2001. Rakennushankkeen laadunvalvonta.  
Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020202.pdf>. Hakupäivä 26.6.2016
2. Infra RYL Net 2010. Infra RYL Net Rakennustieto.  
Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/ryl/infrarylnet.html>.  
Hakupäivä 4.7.2016.
3. L5 (1999). Rakentamisen yleiset edellytykset. Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.  
Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17>.  
Hakupäivä 6.7.2016.
4. Rakentamisen suunnittelua, rakentamisen työnjohtoa ja viranomaistoimintaa koskevat asetukset ja ohjeet, 1.6.2015. Suomen rakentamismääräyskoelma.  
Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskoelma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskoelma). Hakupäivä 12.7.2016.
5. Kantola, Jussi 2014. Suunnittelujärjestelmän hankinnan esiselvitys. Opin- näytetyö. Lapin ammattikorkeakoulu, automaatiotekniikan osasto.
6. Agnico Eagle Finland. 2016.  
Saatavissa: <http://www.agnicoeagle.fi/fi/Pages/home.aspx>. Hakupäivä 13.8.2016
7. Nuutilainen, Olli 2015-2016. 11233 NP 3 -altaan korottaminen tasoon +240 - työselitys. Geobotnia Oy.
8. Nuutilainen, Olli 2015-2016. 11233 NP 3 -altaan rakennusvaiheen 3 suunnitelmaselostus. Geobotnia Oy.

9. Nuutilainen, Olli 2015-2016. 11233 NP 3 -altaan korottaminen tasoon +240 laadunvalvontasuunnitelma. Geobotnia Oy.
10. Projektinjohto, suunnittelijan edustaja, viranomaiset 2016. NP 3 - ja CIL 2 -altaiden ylävirtaan korotus korkoon +240 -aloituskokous.
11. Nousiainen, Jorma 2016. Työmaapäällikkö, Geokymppi Oy. Työmaa-aikaiset haastattelut.
12. Nuutilainen, Olli 2015-2016. NP 3 -altaan kiinteä pumppaamo työselitys. Geobotnia Oy.
13. Kittilän kultakaivos. 2005-2016. Black box network services.  
Saatavissa: <https://www.blackbox.fi/fi-fi>. Hakupäivä 14.8.2016.
14. Huru, Mikko 2016. Ympäristörakentamisen päällikkö, Agnico Eagle Finland, Kittilän kultakaivos. Haastattelu 14.8.2016.